

Журнал для керівників,  
спеціалістів і науковців  
галузі хлібопродуктів

# ЗЕРНО і ХЛІБ

- Іван Миколайович Рішняк — почесний президент ДАК "Хліб України"
- Олег Васильович Бірюков — перший заступник голови правління ДАК "Хліб України"
- Вітчизняний зерновий клин. Учимося виробляти і водночас торгувати
- Державний інтервенційний фонд. Яким йому бути
- Деструктивні українського ПДВ. Аналітичний коментар
- Біржові торги зерном. Внутрішній та експортний варіанти

4/2002

# ЯК ДОСТОВІРНО РОЗРАХУВАТИ КОЕФІЦІЄНТ

## внутрішнього перенесення вологи в кукурудзяних зародках

**Ю.ЛУЦИК,**  
кандидат технічних наук  
**А.КОРОЛЬ,**  
доктор фізико-математичних наук  
**Б.ВЕРБИЦЬКИЙ, А.ШАРАН,**  
доктори технічних наук  
Національний університет харчових технологій

Перенесення вологи продуктами при гіротермічній обробці залежить від їх колоїдно-фізичних властивостей, форм зв'язку вологи з твердою фазою і поровою структурою. Тому гіротермічна обробка продуктів потребує глибокого дослідження їх структури.

Основними характеристиками побудови зв'язно-дисперсних матеріалів є загальна об'ємна пористість, розміри пор і функція їх розподілу за розмірами. В роботі використано метод визначення інтегральної та диференціальної кривих розподілу пор за їх розмірами та кривих адсорбції парів води досліджуваними продуктами. Він придатний як для тіл з жорстким скелетом твердої фази, так і для матеріалів з обмеженим набуханням. Досліджено порову структуру кукурудзяних зародків, які використовуються як цінні харчові добавки в кондитерській галузі.

Вихідною для визначення порової структури використовували ізотерми адсорбції парів води досліджуваним об'єктом. Спочатку отримували інтегральну функцію розподілу мікропор за їх розмірами  $F(r)$  (рис. 1), а потім диференціюванням інтегральної функції  $F(r)$  одержували криву розподілу мікропор за їх розмірами  $f(r)$  (рис. 2). Наведені залежності одержано при температурі 293 і 313 К. Як

видно з рис. 1, інтегральний розподіл об'ємів є майже лінійним від  $r = 15 \cdot 10^{-10}$  до  $90 \cdot 10^{-10}$  м. Подальше зростання інтегральної функції розподілу вказує на значні зміни об'єму мікропор. Підвищення температури зразка до 313 К призводить до зменшення абсолютних значень  $F(r)$ .

З рис. 2 бачимо, що майже 90 % усіх мікропор кукурудзяних зародків припадає на пори з радіусами від  $r = 15 \cdot 10^{-10}$  до  $90 \cdot 10^{-10}$  м. Найбільше мікропор радіусами  $r = 37 \cdot 10^{-10}$  та  $67 \cdot 10^{-10}$  м. За розмірів мікропор понад  $90 \cdot 10^{-10}$  м спостерігається одноманітне зменшення  $F(r)$ . При підвищенні температури зразків значення  $f(r)$  знижується в усьому досліджуваному діапазоні розмірів мікропор. Це може бути спричинено набуханням і збільшенням ймовірності структурних змін зразків.

Більшість харчових продуктів є складними дисперсними системами, які можна віднести до колоїдних капілярно-пористих тіл з різними формами зв'язку. З ізотерм адсорбції парів води кукурудзяних зародків визначено кількість адсорбційно-зв'язаної вологи мономолекулярного шару  $U_m$ , яка становить 1,9 % при  $T = 293$  К і 1,45 % за  $T = 313$  К та полімолекулярного шару  $U_n$ , що дорівнює 2,5 % при 293 К і 2,0 % за 313 К. Максимальна гігроскопічна волога  $U_h$  становить 31,8 % при 293 К і 31,3 % за 313 К. Внутрішнє перенесення вологи в кукурудзяних зародках визначається ефузією пари в мікропорах. Аналізуючи мікропорову структуру зразків, можна визначити еквівалентні радіуси мікропор  $r_e$  за формулою:

$$r_e = \frac{1}{r_{\max} - r_0} \cdot \int_{r_0}^{r_{\max}} r \cdot f(r) \cdot dr \quad (1)$$

Якщо мікропори, по яких проходить пара, частково заповнені водою, то при збільшенні вологовмісту  $U$  зразка,  $r_e$  буде лінійно зростати через наявність під інтег-

ралом множника  $r$ . Для кукурудзяних зародків при  $T = 293$  К  $r_e = 15,25 \cdot 10^{-10}$  м, а  $T = 313$  К  $r_e = 16,79 \cdot 10^{-10}$  м. Отже, при зростанні температури величина  $r_e$  збільшується, що можна пояснити, на нашу думку, набуханням зразків. За відомими значеннями  $r_e$  ми розрахували коефіцієнти ефузії  $a_e$  та термічної ефузії  $a_{eT}$  пари в кукурудзяних зародках формулами:

$$a_e = \frac{1}{\rho_0} \cdot 1,064 \cdot r_e \cdot \sqrt{\frac{M}{R}} \cdot \left(\frac{dz}{du}\right)_T \quad (2)$$

$$a_{eT} = \frac{1}{\rho_0} \cdot 1,064 \cdot r_e \cdot \sqrt{\frac{M}{R}} \cdot \left(\frac{dz}{dT}\right)_U \quad (3)$$

На рис. 3 показано залежність коефіцієнта  $a_e$  від вологовмісту зразків  $U$  при температурах  $T_1 = 293$  К (крива 1) та  $T_2 = 313$  К (крива 2). З рис. 3 видно, що зміна  $a_{eT}$  в обох випадках майже однакова. Найбільші значення коефіцієнта  $a_e$  масмо при вологовмісті  $U$  зразка, наближеного до  $U_n$ . Зростання  $U$  зародків призводить до зменшення значень  $a_e$ . Починаючи від  $U = 15$  %, коефіцієнти  $a_e$  набувають найменших значень і залишаються сталими до  $U = 30$  %. З рис. 3 (крива 2) можна також бачити, що в ізотермічних умовах підвищення температури зразка веде до зростання  $a_e$ .

На рис. 4 наведено залежність коефіцієнта термічної ефузії  $a_{eT}$  від температури  $T$  при сталих значеннях вологовмісту  $U$  в зразках: крива 1 -  $U = 1,95$  %, крива 2 -  $U = 4,0$  %, крива 3 -  $U = 10$  %. З рис. 4 видно, що  $a_{eT}$  має вищі значення при збільшенні вологовмісту й зростає при підвищенні температури, що можна пояснити збільшенням частки пари у внутрішньому перенесенні вологи в кукурудзяних зародках. Знайдені коефіцієнти вологоперенесення можна використати для визначення оптимальних режимів гіротермічної обробки продуктів, у яких використовуються кукурудзяні зародки.

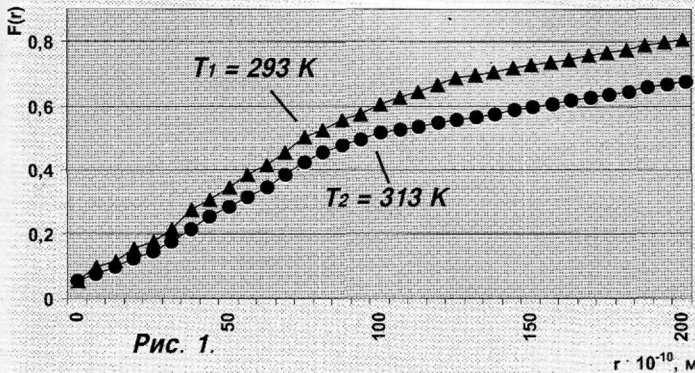


Рис. 1.

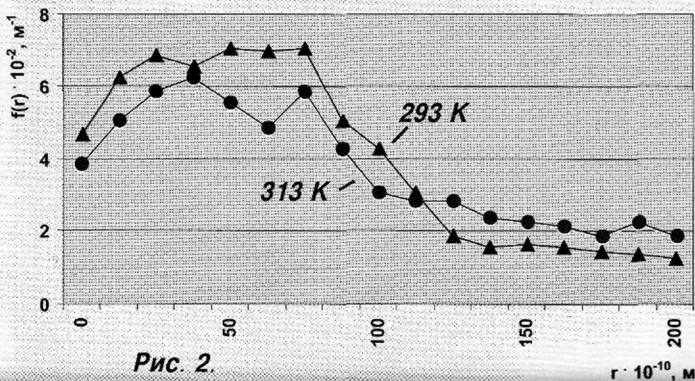


Рис. 2.

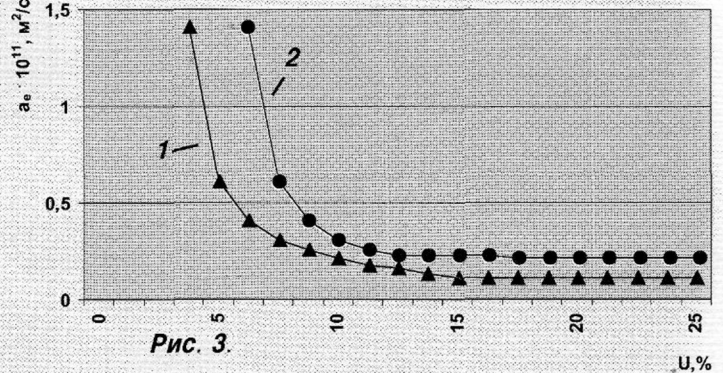


Рис. 3.

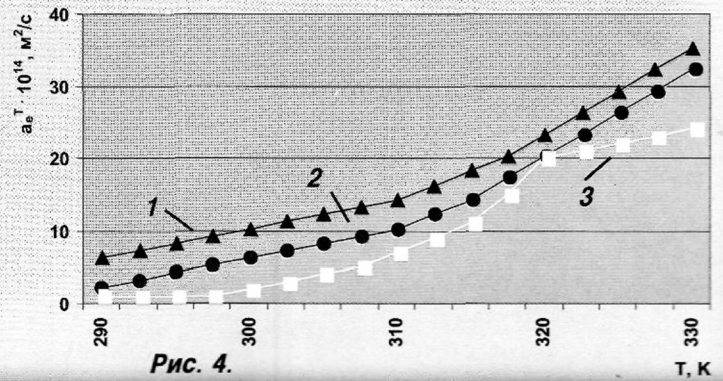


Рис. 4.